

## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 09-148782

(43)Date of publication of application : 06.06.1997

(51)Int.Cl.

H05K 9/00  
B32B 7/02

(21)Application number : 07-307246

(71)Applicant : NIPPON PAINT CO LTD

(22)Date of filing : 27.11.1995

(72)Inventor : MATSUO SEIICHI

## (54) TRANSPARENT ELECTROMAGNETIC WAVE ABSORBING/SHIELDING MATERIAL

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide a transparent material excellent in electromagnetic wave absorbing and shielding capacity.

SOLUTION: A one-dimensional conductive line pattern of conductive material, e.g. a conductive pattern (a)-(f), has a length equal to  $1/2$  of the wavelength of electromagnetic wave to be shielded or longer wherein each line pattern exhibits electrically nonconductive electromagnetic wave absorbing performance. The shield material comprises and electromagnetic wave shield layer transmitting visible light, and an intermediate insulating material of 0.1-10.0mm thick interposed between the one-dimensional conductive line pattern and the transparent electromagnetic wave shield layer.



## LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平9-148782

(43) 公開日 平成9年(1997)6月6日

(51) Int.Cl. <sup>8</sup>	識別記号	庁内整理番号	F I	技術表示箇所
H 0 5 K 9/00			H 0 5 K 9/00	V
				M
B 3 2 B 7/02	1 0 4		B 3 2 B 7/02	1 0 4

審査請求 未請求 請求項の数10 O L (全 7 頁)

(21) 出願番号 特願平7-307246

(22) 出願日 平成7年(1995)11月27日

(71) 出願人 000230054

日本ペイント株式会社

大阪府大阪市北区大淀北2丁目1番2号

(72) 発明者 松尾 誠一

大阪府寝屋川市池田中町19番17号 日本ペイント株式会社内

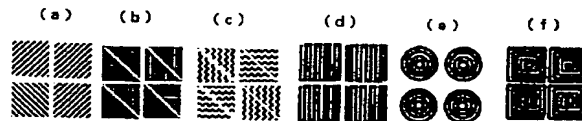
(74) 代理人 弁理士 青山 葆 (外2名)

(54) 【発明の名称】 透明電磁波吸収シールド材

(57) 【要約】

【課題】 透明でかつ電磁波吸収能力および電磁波シールド能力の優れた透明電磁波吸収シールド材の提供。

【解決手段】 (1)導電性材料からなる、導電性線分パターンであって、該導電性線分パターンが対象とする電磁波波長の $1/2$ 以上の長さを持ち、各線分パターンは電気的に導通を有さないものである電磁波吸収性を有する一次元導電性線分パターン、(2)可視光透過能を有する電磁波シールド層、および、(3)上記一次元導電性線分パターンと透明電磁波シールド層との間にあって、 $0.1-10.0$  mmの厚さを有する絶縁性透明中間材、からなる透明電磁波吸収シールド材。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 (1)導電性材料からなる、導電性線分パターンであって、該導電性線分パターンが対象とする電磁波波長の $1/2$ 以上の長さを持ち、各線分パターンは電氣的に導通を有さないものである電磁波吸収性を有する一次元導電性線分パターン、

(2)可視光透過能を有する電磁波シールド層、および、

(3)上記一次元導電性線分パターンと透明電磁波シールド層との間にあって、 $0.1-10.0\text{mm}$ の厚さを有する絶縁性透明中間材、からなる透明電磁波吸収シールド材。

【請求項2】 可視光透過能を有する電磁波シールド層(2)が網目状の電氣的に導通を有する二次元導電性線分パターンであって、網目内空隙の最大間隙幅が対象とする電磁波波長の $1/10$ 未満である請求項1記載の透明電磁波吸収シールド材。

【請求項3】 可視光透過能を有する電磁波シールド層(2)が透明電極層またはそれらのパターン化した層からなる請求項1記載の透明電磁波吸収シールド材。

【請求項4】 一次元導電性線分パターン(1)が $50\sim 5000\text{\AA}$ の厚さの金属蒸着薄膜をパターン化することから得られる請求項1記載の透明電磁波吸収シールド材。

【請求項5】 金属蒸着膜がアルミ蒸着膜である請求項4記載の透明電磁波吸収シールド材。

【請求項6】 一次元導電性線分パターン(1)が金属蒸着フィルムからフォトリソグラフィ法で形成され、線幅が $100\mu$ 以下である請求項4記載の透明電磁波吸収シールド材。

【請求項7】 一次元導電性線分パターン(1)が1層または2層以上の層の集合体のいずれかである請求項1記載の透明電磁波吸収シールド材。

【請求項8】 可視光透過能を有する電磁波シールド層(2)が1層または2層以上の層の集合体のいずれかである請求項1記載の透明電磁波吸収シールド材。

【請求項9】 絶縁性透明中間材(3)がガラス、透明プラスチックフィルムまたは空気である請求項1記載の透明電磁波吸収シールド材。

【請求項10】 請求項1記載の透明電磁波吸収シールド材の透明電磁波シールド層(2)上にさらに別の絶縁性透明中間材(3')を設け、さらにその上に別の一次元導電性線分パターン(1')を形成した、双方向の電磁波吸収能を有する透明電磁波吸収シールド材。

## 【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、オフィスなどの電磁波シールドが必要とされる空間において、透光性が要求される部分に適用される透明電磁波吸収シールド材に関する。

【0002】

【従来の技術】近年、携帯電話・無線LANなどの通信システムの発達により、オフィス情報の保護、および通信混線の防止の目的で建物をブロック毎にシールド材で囲み、内外の電波を遮断する必要がでてきた。特に、窓などの開口部の電磁波のシールドには透光性も同時に要求されるため、導電性金属のネットを挟み込んだ合わせガラス、またはITOなどの透明導電膜を蒸着したガラスが使用されている。

【0003】しかし、これらの電磁波シールドガラスは電磁波を反射させるのみで、閉鎖された室内ではマルチパスフェージングや遅延波により通信が正常に行なわれなくなる恐れがある。また、半導体技術の進歩によって高度化したマイクロエレクトロニクスとそれを応用した制御システムが誤動作する恐れもある。

【0004】電磁波の反射蓄積によるこれらの障害を防止する手段として、電磁波を吸収する材料が考えられ、フェライトを有機高分子中に分散させた電波吸収材が既に知られている。また、特開平6-140787号公報には、電波反射層と導電パターンをフェライト及びカーボン粉末分散樹脂を夾んで配置する電波反射防止体が提案されているが、透明性が無く窓などの建築物開口部には適用できない。

【0005】

【発明が解決しようとする課題】本発明は、不要電磁波の蓄積を防止するため、電磁波吸収能力と電磁波シールド能力の両方を有する透明な材料を提供することを目的とする。

【0006】

【課題を解決するための手段】すなわち、本発明は(1)導電性材料からなる、導電性線分パターンであって、該導電性線分パターンが対象とする電磁波波長の $1/2$ 以上の長さを持ち、各線分パターンは電氣的に導通を有さないものである電磁波吸収性を有する一次元導電性線分パターン、(2)可視光透過能を有する電磁波シールド層、および、(3)上記一次元導電性線分パターンと透明電磁波シールド層との間にあって、 $0.1-10.0\text{mm}$ の厚さを有する絶縁性透明中間材、からなる透明電磁波吸収シールド材を提供する。

【0007】また、本発明は上記透明電磁波シールド材の面に別の絶縁性透明中間材を設け、さらにその上に別の一次元導電性線分パターンを設けてなる、双方向の吸収能を有する、透明電磁波吸収シールド材をも提供する。

【0008】本発明では、透明材料上に、不透明なものを、間隔のある模様として形成すると、透明性は保持したままであることに注目した。本発明者らは新たに特殊なパターンが電磁波吸収能を有し、また別のパターンが電磁波シールド能力を有することを新たに見出し、これに基づいて本願発明を成すに至った。

【0009】本発明において電磁波吸収能を有する一次

元導電性線分パターン(1)は、導電性材料からなる導電性線分のみからなるパターンであって、各線分パターンは電氣的に導通を有さない、すなわち接触することがないものである。「一次元」なる語は後述の「二次元」と区別するために用いられる語であって、導電性線分だけから構成されているパターンであって、各線分間およびパターン全体には電氣的な接続がないことを意味している。一次元導電性線分パターンでは各導電性線分パターンの長さは、電磁波波長の $1/2$ 以上の長さを有する。従って、各線分の長さは、対象とする電磁波によって異なる。

【0010】このような一次元導電性線分パターンの例を図1の(a)~(f)に例を示す。これら図1の(a)~(f)は単なる例示であってこれらに限定されるものではない。基本的には、上述のように導電性金属で線分を形成し、これらが対象とする電磁波長の $1/2$ 以上の長さを有することである。この線分は折れ曲がったり、円周を構成してもよい。また異なる長さのものが幾つか固まって1つの模様を形成していてもよい(図1(a)~(c))。図1(d)は各線分が蛇腹状の形を構成しているものを示し、図1(e)は各線分が円を構成し、半径の違う円が幾つかそろって、1つの模様を形成している。図1(f)は渦巻状のパターンを有するものである。

【0011】電磁波吸収能において重要なことは、前述したように、各導電性パターンが一次元であること、即ち電氣的に導通していないことである。後述するが、電氣的な接触を有している場合、電磁波吸収能を示さず、逆に電磁波シールド性のみを示すことになる。

【0012】本発明では各線分パターンが対象とする電磁波波長の $1/2$ 以上の長さを有することを要する。その場合電磁波波長の $1/2$ 以上の長さを有するのは、各線分が折れ曲がっていても、円周を形成していても、それを延ばした時の長さである。従って、蛇腹状に折り畳まれていても(図1(d)参照)であっても、これを引きのばした線分の長さが、電磁波波長の $1/2$ 以上の長さを有することを必要とする。

【0013】上記説明から明かなように、一次元導電性線分パターンに入らないものは、後述する二次元導電性線分パターン(2)であるか、電磁波波長の $1/2$ 以下の長さを有する線分パターン、例えば点の連続や小さな黒丸や、短い線の連続であるものである。このようなパターンを長さをもたないパターンの意味で0次元パターンと呼ぶこともある。念のため、後者の0次元パターンの分類に入るものの例を図2に示す。

【0014】本発明に用いられる一次元導電性線分パターン(1)は、導電性インキで絶縁性透明中間材(3)上に直接印刷する事でも実現できるが、窓ガラス等の硬質中間材を使用することが多い本発明の目的のためには、製造及び搬送に便利なロール巻きの形態が取れる透明プラスチックフィルム上に一次元導電性パターン(1)を形成

し、透明中間材上に接着剤または粘着剤で貼り付ける方法が好ましい。こうすれば一次元導電性線分パターン(1)は印刷ロールで連続印刷が可能となり、生産速度が格段に向上する。

【0015】一次元導電性線分パターン(1)はまた、透明プラスチックフィルム上に水溶性インキでパターンを印刷その他の方法で描き、その上に導電性金属を蒸着、スパッタリング等の方法で導電性金属薄膜を形成し、次いで水溶性インキを水洗除去してパターンを形成してもよい。

【0016】より好ましい一次元導電性線分パターン(1)の形成方法は、まず、透明プラスチックフィルム上に導電性金属薄膜層を全面に形成し、この金属薄膜を適当な方法(例えば、フォトリソグラフィ法等)でパターンを形成する方法である。

【0017】導電性金属薄膜層を透明プラスチックフィルム上に形成する方法は従来公知の方法でよいが、例えば導電性金属箔のラミネート方法や、金属薄膜の蒸着、スパッタリングまたは無電界メッキ方法等が一般的である。好ましくは金属薄膜の蒸着(具体的には、真空蒸着)またはスパッタリング方法である。

【0018】金属薄膜層を有する透明プラスチックフィルムは市販品を用いてもよい。例えば、アルミニウムを真空蒸着したポリエチレンテレフタレートフィルム(アルミ蒸着フィルム)が食品包装材として、安価かつ大量に市販されており、これを用いることが経済的な面から最も好ましい。

【0019】金属薄膜をパターン化する方法は公知の方法を用いることができるが、好適にはフォトリソグラフィ法が挙げられる。

【0020】一般にフォトリソグラフィ法は、感光性エッチングレジストを全面に塗布した後、パターンマスクを密着させて露光し、その後現像液で露光部分と未露光部分の溶解度差を利用してレジストパターンを形成する。さらにエッチング液でパターン部以外の金属を溶出して金属パターンが形成される。

【0021】本発明のアルミ蒸着フィルムのフォトリソグラフィの場合、アルカリ現象型レジストを用いればエッチングする金属が現像液に可溶であるため、現像行程で同時に金属エッチングが行われ、パターン形成が容易に出来る。さらに蒸着膜が極めて薄いためレジスト膜も薄膜でよく、経済的で有るばかりでなくレジスト乾燥時間および必要露光量が少なく、ロール ツウ ロールの高速連続生産が可能となる。

【0022】本発明者の研究によれば、導電膜が極めて薄いことはこの様な生産コストの低下ばかりでなく電波吸収能力の点でも極めて有利に作用することが判った。さらに $100\mu$ 以下の細線で構成されたパターンも高い電波吸収能力を示す事も判った。この理由は後述する二次元導電性線分パターンの電磁波吸収原理から、導体断

面積が小さくなる事により熱転化が容易になった為と考えられる。

【0023】本発明の絶縁性透明中間材(3)とは透明性を有する絶縁材料であればよく、ガラス、硬質プラスチック等の建物開口部に用いられる透明建材でもよい。例えば窓ガラス自身を中間材にしてその両面に前記2種のパターンを配置することもできる。さらに軽量化を達成する目的で空気を中間材とする空洞構造にもできる。前述のような軟質プラスチックフィルム、例えばポリエチレンテレフタレートフィルム(PETフィルム)、ポリエチレンフィルムまたはポリプロピレンフィルムであって

もよい。

【0024】絶縁性透明中間材(3)の厚さは0.1~10mm未満である必要があり、好ましくは0.6~6mmである。この範囲を外れると電磁波吸収能力が低下する。

【0025】可視光透過能を有する電磁波シールド層(2)は可視光透過能と電磁波シールド性を合わせもつ材料であればよく、透明導電膜と知られているITO蒸着膜や金属性メッシュ類などが使用できる。また透明電磁波シールド層は前述の一次元導電性線分パターンと同様のパターンであって、線分同士が電氣的に導通を有するものであってもよい。これを、線分のみからなる一次元パターンに対し、接点を通じ別のパターンに接続することから、特に二次元導電性線分パターンという。

【0026】二次元導電性線分パターンは本発明者らの研究により、電磁波フィルターとしての利用価値があり、電磁波は最大間隙が波長の1/10以下の導通パターンを通過することができないことが判った。本発明の対象とする不要電磁波の波長は、約0.5~300cm<sup>2</sup>(60GHz~100MHz)であり、500μ以下の間隙の導通パターンは不要電磁波のシールド能力を有していることになる。一方、透光性を支配する可視光も電磁波の1種であるが、波長は極端に短かく、1μ以下であり、可視光は通過するために、本発明のシールド材に適する。

【0027】従来の技術に記載した金属ネットを挟み込んだ電磁波シールドガラスはこのような性質を利用したものである。また、特開昭55-82499号公報、特開昭62-57297号公報、実開昭63-195800号公報および特開平2-241098号公報にも、網目状、格子状金属パターンを描いた透明シールド材が記載されているが、いずれも上記の導通パターンのみを描いたものであり、これらの実施例では電磁波シールド材に言う透過減衰量(放射電磁波に対する通過電磁波量)が報告されているのみで、反射減衰量の報告はない。本発明者らの研究ではこれらの網目状パターンには全く電磁波吸収性がなく、電磁波吸収シールド材は前述の導電性線分パターンと透明電磁波シールド層とを巧妙に配置することで初めて達成されるのである。本発明で好適に用いられる二次元導電性線分パターンを図3(a)~(f)に示

す。

【0028】このような二次元導電性線分パターンは前述の導電性線分パターンで述べた方法と同じ方法で形成される。特に、金属薄膜層を有する透明プラスチックフィルムをフォトリソグラフィの方法を用いてパターン化することが好ましい。

【0029】一次元導電性線分パターン(1)および二次元導電性線分パターン(2)のいずれもその厚さには特に限定はないが、例えば金属蒸着薄膜の場合50~5000Å、好ましくは100~1000Åが好適に形成される。また、導電性線分パターンの線幅は、透明性が十分に確保できる幅であれば特に問題はないが、一般的に100μ以下、好ましくは1~50μ、より好ましくは1~30μである。100μを越えると、透明性が十分確保できない恐れがある。

【0030】上述の3つの構成から、本発明の透明電磁波吸収シールド材が形成される。

【0031】本発明の電磁波吸収能力は、複数の一次元導電性線分パターン(1)を積層後それを構成する模様が重ならないように描き、積層することにより格段に強化される。例えば、図4のようなパターンを模様が重ならないように積層し、各模様を3次的に配置した導電性線分パターンは、単に平面上に模様を配置した導電性線分パターンより格段に高い電波吸収能力を示す。

【0032】また、本発明を利用すれば、二次元導電性線分パターンを透明中間材で挟んでその両側に異なる一次元導電性線分パターンを描いた双方向の電磁波吸収シールド材が製造できる。これは近年高層ビルで問題化しているTVゴースト対策にもなり極めて有用である。つまり本発明の吸収電磁波波長は一次元導電性線分パターンを構成する模様の大小で制御できるため、両面に異なる波長の電磁波に対応した模様を配置することにより、ビル外面に要求されるTV波吸収と内面に要求される不要電磁波吸収を同時に実現できる。

【0033】

【実施例】以下実施例により本発明を具体的に説明する。本発明はこれら実施例に限定されるものではない。

【0034】<実施例1>尾池工業製アルミ蒸着PETフィルム(蒸着膜厚500Å、PETフィルム厚100μ)上に日本ペイント製ポジ型液状レジスト(オプテRP-600)を乾燥膜厚0.5μになるように塗布した後熱風オーブンで乾燥せしめた。この上に図4、のパターンマスクを重ね30mJ/cm<sup>2</sup>露光した後1%苛性ソーダ水で現像と同時に露出したアルミ蒸着膜部分をエッチングしアルミ蒸着パターンフィルムを得た。次にこのフィルムを厚さ2mmのITO蒸着ガラス(蒸着膜厚2000Å、光線透過率85%)の非蒸着面に貼り付け透明電磁波吸収シールド材を得た。

【0035】<実施例2>実施例1において、図4に加えて図5のパターンマスクを重ね30mJ/cm<sup>2</sup>露光した

後1%苛性ソーダ水で現像と同時に露出したアルミ蒸着膜部分をエッチングし、2種類のアルミ蒸着パターンフィルムを得た。次にこの2枚のフィルムを厚さ2mmの板ガラスの両面に貼り付け透明電磁波吸収シールド材を得た。

【0036】<実施例3>実施例2において図4の代わりに図6のパターンマスクを使用する以外は実施例2と同様の方法で2種類のアルミ蒸着パターンフィルムを得た。次に図6のフィルムを4枚模様が重ならないように積層し、厚さ2mmの板ガラスの両面に図5のフィルムに

対向させて貼り付け透明電磁波吸収シールド材を得た。【0037】<実施例4>実施例3において図6の代わりに図7の積層フィルムを作成し、厚さ2mmの2枚の板ガラスに図5のフィルムを挟んだ合わせガラスの両面に図6、図7の積層フィルムを貼り付け透明電磁波吸収シールド材を得た。

【0038】<実施例5>実施例3においてアルミ蒸着PETフィルムの代わりに銅蒸着PETフィルム(蒸着膜厚1000μ)を使用し、現像後、2.5%HC1/F

eC13エッチング液で41℃で銅エッチングする以外は実施例3と同様の方法で透明電磁波吸収シールド材を得た。【0039】<実施例6>実施例3において、銅蒸着PETフィルムの代わりに厚さ0.1mm銅厚18μの銅張積層板(FR-4仕様)を使用し、エッチングレジストの乾燥膜厚が3μであること以外は実施例3と同様の方法で透明電磁波吸収シールド材を得た。

【0040】<比較例1>実施例1において図4の代わりに図8の2種のパターンマスクを使用し、かつITO蒸着層のないガラスを使用する以外は実施例1と同様の方法で透明電磁波吸収シールド材を得た。

【0041】<比較例2>厚さ3mmの日本ペイント製フエライト系電磁波吸収材NP-S01(フェライト粒子 \*

\*のエチレン酢酸ビニル共重合樹脂分散体)に厚さ1mmのアルミ板を貼り合わせたものを本発明の透明電磁波吸収シールド材の代わりに用いた。

【0042】実施例1～6、比較例1で得た電磁波吸収シールド材を下記測定法で電磁波吸収量、及びシールド性能を測定し、その結果を表1に示す。

【0043】さらに実施例2においてパターンマスクの線幅を300、100、30μと変えた場合の電磁波吸収量を表2に示す。また実施例2において中間材の厚さを変えた場合の電磁波吸収量を図9に示す。

【0044】<シールド性能の測定方法>対向させて配置した1対のガイドホーンアンテナにネットワークアナライザー(HP社製 8510B)を接続し、フリースペースタイムドメイン法により、アンテナ間の直接伝送波のSパラメータ(S21)を測定した。これを透過減衰量0dBとして、次にアンテナ間にシールド性能を評価する試料を設置し、同様にしてS21を測定して、透過減衰量(=シールド性能)を得た。

【0045】<電磁波吸収量の測定方法>平行偏波の電磁波が試料に対して10°で斜入射するように送信側ガイドホーンアンテナを設置した。受信側は、光学反射の方向に同一のガイドホーンアンテナを設置した。ネットワークアナライザーをアンテナに接続し、フリースペースタイムドメイン法により、試料に反射して電送された電磁波のみを抽出してSパラメータ(S21)を測定した。試料にA1板を用いた場合のS21を0dBとして、次にA1板の位置に実施例、比較例の試料を置いて、S21を測定し、反射減衰量を得た。透過減衰量が-40dBの試料における反射減衰量を電磁波吸収量と見なした。

【0046】

【表1】

	実 施 例						比 較 例	
	1	2	3	4	5	6	1 2種 共通	2
				図6面	図7面			
シールド能力 (dB)	-40	-40	-40	-40	-40	-40	-40	-40
吸収能力 (dB)	-5	-5	-15	-15	-15	-10	0	-10
測定周波数 (GHz)	8	8	8	8	2	8	8	8
光線透過率 (%)	50	58	42	28	42	0	60 ~70	0
吸収材重量 (20×20cm, g)	8	8	20	36	20	25	8	960

【0047】

50 【表2】

線幅( $\mu$ )	300	100	30
シールド能力 (dB)	-40	-40	-40
吸収能力 (dB)	-10	-12	-15
測定周波数 (GHz)	8	8	8
光線透過率 (%)	4	13	42

【0048】

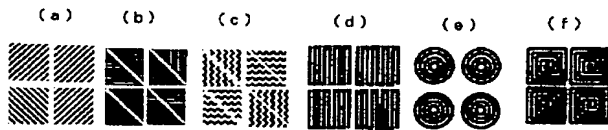
【発明の効果】本発明の実施例1～3で、電磁波シールドと電磁波吸収を兼ね備えたいうに、従来のフェライト系吸収材と同等以上の電磁波吸収力があり、かつ透明、軽量である事が判る。

【0049】また実施例4で双方向の電磁波吸収もできることから、室外のTVゴースト対策と室内の不要電波対策を兼ね備えた吸収も実現可能となった。

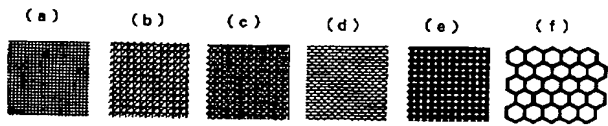
【図面の簡単な説明】

【図1】 本発明で、電磁波吸収性パターンとして使用\*

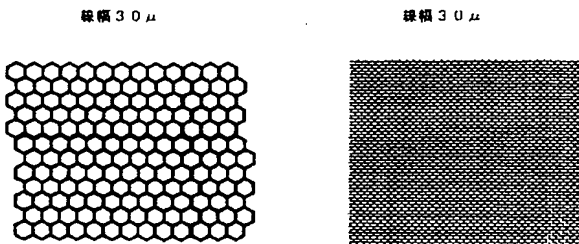
【図1】



【図3】



【図8】



\* できる一次元導電性線分パターンの例である。

【図2】 電磁波吸収力のない0次元パターンの例である。

【図3】 本発明の可視光透過能のある電磁波シールド層として使用できるが、電磁波吸収能力のない、二次元導電性線分パターンの例である。

【図4】 実施例1で電磁波吸収性パターンとして使用した一次元導電性線分パターンである。

【図5】 実施例2で電磁波シールド性パターンとして使用した二次元導電性線分パターンである。

【図6】 実施例3において用いた、積層する事で高い吸収力を示す一次元導電性線分パターンである。

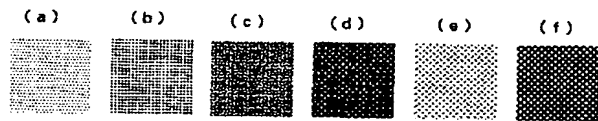
【図7】 実施例4において用いた、積層する事で高い吸収力を示す一次元導電性線分パターンである。

【図8】 比較例1で、吸収能力のなかった二次元導電性線分パターンの例である。

【図9】 実施例2における、中間材の厚みと吸収能力の関係を示した図である。

【図10】 実施例3での4層積層タイプ透明電磁波吸収シールド材の断面図である。

【図2】

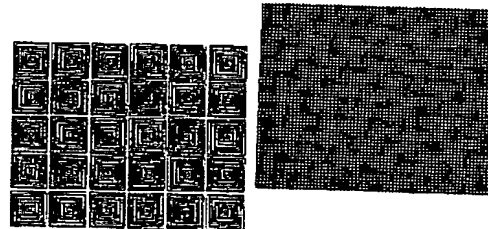


【図5】

【図4】

線幅30μ線間170μ

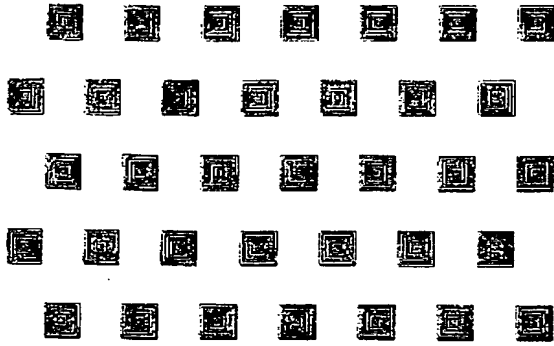
棋盤径5cm線幅30μ



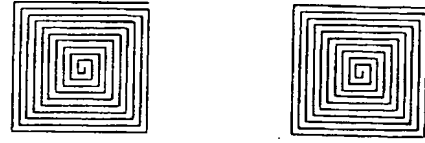
線幅30μ

線幅30μ

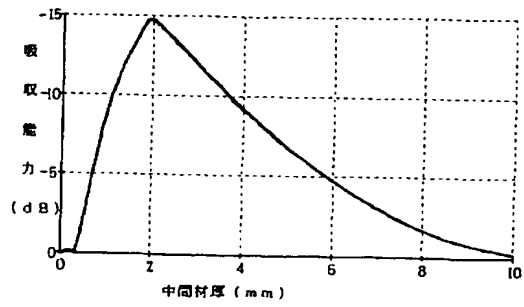
【図6】

板径1cm 線幅30 $\mu$ 

【図7】

板径4cm 線幅30 $\mu$ 

【図9】



【図10】

